

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

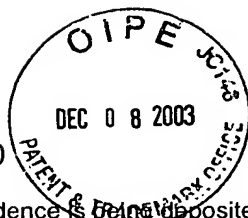
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Docket No.: MUH-12720



I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By: 

Date: December 3, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/642,856
Applicant : Martin Freitag et al.
Filed : August 18, 2003
Art Unit : to be assigned
Examiner : to be assigned

Docket No. : MUH-12720
Customer No.: 24131

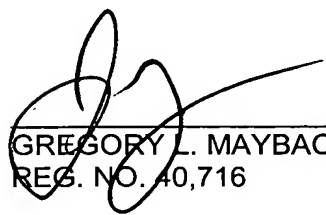
CLAIM FOR PRIORITY

Mail Stop: Missing Parts
Hon. Commissioner for Patents,
Alexandria, VA 22313-1450
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 101 07 380.1 filed February 16, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,



GREGORY L. MAYBACK
REG. NO. 40,716

Date: December 3, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/mjb



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 07 380.1

Anmeldetag: 16. Februar 2001

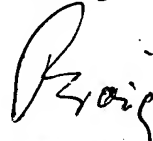
Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG,
München/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Beschreiben magnetoresistiver
Speicherzellen und mit diesem Verfahren
beschreibbarer magnetoresistiver Speicher

IPC: G 11 C 11/15

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. September 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Brosig

MÜLLER & HOFFMANN – PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys – European Trademark Attorneys

Innere Wiener Strasse 17
D-81667 München

Anwaltsakte: 10830

Ko/cr

Anmelderzeichen: 2000 22737
(2000 E 21974 DE)

16.02.2001

Infineon Technologies AG

St.-Martin-Straße 53
81669 München

**Verfahren zum Beschreiben magnetoresistiver Speicherzellen
und mit diesem Verfahren beschreibbarer magnetoresistiver Speicher**

Beschreibung

Verfahren zum Beschreiben magnetoresistiver Speicherzellen
und mit diesem Verfahren beschreibbarer magnetoresistiver
5 Speicher

Bei magnetoresistiven Speichern (MRAM) liegt der Speichereffekt im magnetisch veränderbaren elektrischen Widerstand der Speicherzelle (MTJ). Bei einer Ausführung liegt eine magnetoresistive Speicherzelle an der Kreuzung zweier Leiter, einer Bitleitung BL und einer Wortleitung WL, die im allgemeinen orthogonal zueinander angeordnet sind. An der Kreuzungsstelle zwischen diesen Leitern befindet sich ein Mehrschichtsystem, welches aus der Übereinanderstapelung eines
10 weich- und hartmagnetischen Materials (ML-free und ML-fixed) besteht, zwischen denen sich ein Tunneloxid (TL) befindet (Crosspoint-Konzept). Die Informationsspeicherung geschieht dadurch, dass die Magnetisierung der weichmagnetischen Schicht (ML-free) gegenüber der Magnetisierungsrichtung der
15 hartmagnetischen Schicht (ML-fixed) gedreht wird. Die hierzu erforderlichen Magnetfelder werden durch Ströme I_{WL} und I_{BL} erzeugt, die jeweils durch die Wortleitung WL und die Bitleitung BL fließen und sich an deren Kreuzungspunkt überlagern.

25

In der beiliegenden Fig. 1 ist ein Abschnitt einer derart aufgebauten MRAM-Speicheranordnung gezeigt, die aus einer Matrixanordnung der oben beschriebenen Speicherzellen besteht. Um sicherzustellen, dass nur eine gewählte Zelle MTJ
30 beschrieben wird, muss das Magnetfeld genau so groß gewählt werden, dass die Überlagerung der Magnetfelder der Ströme I_{WL} und I_{BL} durch die selektierte Wortleitung und Bitleitung zum Schalten der Magnetisierung ausreicht, jedoch so klein gewählt werden, dass weder benachbarte Zellen, noch Zellen,
35 die sich an den selektierten Leitungen befinden, geschaltet

werden. Dieses Verfahren wird auch als "Half-Select"-Verfahren) bezeichnet.

Das Lesen von MRAM-Zellen erfolgt über die Bestimmung des Widerstands der jeweiligen MTJs. Bei paralleler Orientierung der Magnetisierungsrichtungen von ML-free und ML-fixed ist der (Tunnel-)Widerstand der Zelle klein, während bei antiparalleler Orientierung dieser Widerstand groß ist. Somit kann man, wie in Fig. 1 angedeutet, der parallelen Orientierung der Magnetisierungsrichtungen von ML-free und ML-fixed eine logische "1" und der antiparallelen Orientierung der Magnetisierungsrichtungen eine logische "0" zuordnen.

Bei häufigem Beschreiben eines MTJs wurde eine Alterung der Zellen registriert. Dies bedeutet, dass mit steigender Anzahl von Schreibzyklen der Unterschied des Widerstands der MTJs jeweils zwischen paralleler Orientierung ("1") und antiparalleler Orientierung ("0") sinkt und somit der Informationsinhalt der Zelle immer schwieriger zu bestimmen wird. Außerdem wird häufig beobachtet, dass zu beschreibende Zellen nicht zuverlässig schalten. Diese Probleme lassen sich mit dem bisher verwendeten "Half-Select"-Verfahren nicht lösen, und es sind auch keine anderen Lösungen bekannt.

Nachstehend werden die im Stand der Technik auftretenden Probleme noch genauer bezogen auf die Fig. 2 beispielhaft beim Einschreiben einer logischen "1" erläutert. Ohne äußeres Feld ist die Magnetisierung in dünnen magnetischen Schichten (hier von ML-free) entlang einer ausgezeichneten Richtung orientiert, der sogenannten leichten Achse, die in Fig. 2 gestrichelt gezeichnet ist. Der stark ausgezogene Pfeil in den Fig. 2a und 2b gibt somit die Magnetisierungsrichtung (von ML-free) der magnetoresistiven Speicherzelle MTJ solange keine Einwirkung eines durch einen Strom in der Bitleitung BL und/oder der Wortleitung WL erzeugten äußeren Magnetfeldes auftritt. Um die durch den

stark ausgezogenen Pfeil in Fig. 2a und 2b angedeutete (Ruhe-)Magnetisierungsrichtung zu ändern, muss ein äußeres Feld angelegt werden, welches außerhalb des durch die schraffierte Fläche angedeuteten Schaltbereichs (der sogenannten Asteroide) liegt. Schaltet man mit nur einer Feldkomponente (beispielsweise H_x) benötigt man relativ große Felder. Nutzt man dagegen beide Feldkomponenten H_x und H_y , benötigt man betragsmäßig kleinere Felder zum Schalten.

Somit wird gemäß den Fig. 2b und 2c ein Magnetfeld mit einer Komponente H_x und H_y durch einen in der Wortleitung WL fließenden Strom I_{WL} und einen in der Bitleitung BL fließenden Strom I_{BL} erzeugt (gestrichelter Pfeil in Fig. 2b). Dieses Feld muss solange anliegen, bis die Magnetisierungsrichtung (stark ausgezogener Pfeil) entlang der Richtung des durch I_{WL} und I_{BL} erzeugten Magnetfelds orientiert ist (Fig. 2c). Dann werden beide Ströme I_{WL} und I_{BL} ausgeschaltet, und es liegt kein Magnetfeld mehr von außen an (Fig. 2d). Man hofft dann, dass die Magnetisierungsrichtung (stark ausgezogener Pfeil) nun die in Fig. 2e skizzierte Ausrichtung, antiparallel zum Ausgangszustand (der Ruhe-Magnetisierungsrichtung gemäß Fig. 2a) einnimmt.

Da dieses Verfahren, wie schon erwähnt, nicht zuverlässig ist und zum Altern der Zelle führt, ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Beschreiben magnetoresistiver Speicherzellen eines MRAM-Speichers zu ermöglichen, welches das Alterungsphänomen vermeidet, damit die Lebensdauer eines MRAM-Speichers vergrößert und verglichen mit dem üblichen Half-Select-Verfahren zuverlässiger schaltet sowie einen mit einem erfindungsgemäßen Verfahren beschreibbaren MRAM-Speicher anzugeben.

Diese Aufgabe wird anspruchsgemäß gelöst.

Ein gattungsgemäßes Verfahren zum Beschreiben magnetoresistiver Speicherzellen eines MRAM-Speichers zeichnet sich gemäß einem wesentlichen Aspekt der Erfindung dadurch aus, dass die Schreibströme I_{WL} und I_{BL} zeitlich gegeneinander versetzt der Wortleitung WL und der Bitleitung BL so aufgeschaltet werden, dass die Magnetisierungsrichtung der selektierten Speicherzelle in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten in die zum Schreiben einer logischen "0" oder "1" gewünschte Richtung gedreht wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann dadurch vorteilhaft weitergebildet werden, dass die Schreibströme I_{WL} und I_{BL} der gewählten Speicherzelle jeweils in annähernd gleicher Impulsdauer und zeitlich gegeneinander versetzt aufgeschaltet werden.

Dann kann das erfindungsgemäße Verfahren so durchgeführt werden, dass zum Schreiben einer logischen "1" der Schreibstrom I_{BL} in der Bitleitung BL in der gleichen Stromflussrichtung wie der Schreibstrom I_{WL} in der Wortleitung WL fließt und gegenüber dem Schreibstrom I_{WL} der Wortleitung WL verzögert aufgeschaltet wird.

Ein mit diesem Verfahren beschreibbarer MRAM-Speicher mit einem Array aus magnetoresistiven Speicherzellen und mit Wortleitungen und Bitleitungen ist mit einer Schreibsteuerschaltung versehen, die zum Aufschalten von Schreibströmen I_{WL} und I_{BL} jeweils auf die Wortleitung WL und Bitleitung BL einer zum Schreiben ausgewählten Speicherzelle MTJ eingerichtet ist, und zeichnet sich dadurch aus, dass die Schreibsteuerschaltung Schaltungsmittel aufweist, die die Schreibströme I_{WL} und I_{BL} zeitlich gegeneinander versetzt der Wortleitung WL und der Bitleitung BL so aufschalten, dass die Magnetisierungsrichtung der selektierten Speicherzelle in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten in die zum

Schreiben einer logischen "0" oder "1" gewünschte Richtung gedreht wird.

5 Nachstehend wird das erfindungsgemäße Verfahren in einem Ausführungsbeispiel bezogen auf die Zeichnung näher erläutert. Die Zeichnungsfiguren zeigen im einzelnen:

Fig. 1 schematisch und perspektivisch den grundsätzlichen Aufbau einer MRAM-Speicheranordnung,

10 Fig. 2a-2e grafisch das Schalten der Magnetisierungsrichtung beim bekannten Half-Select-Verfahren,

15 Fig. 3a-3h ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schreibverfahrens durch Anlegen eines zeitgesteuerten äußeren Magnetfeldes, und

20 Fig. 4 die Umsetzung des in Fig. 3 grafisch dargestellten Verfahrens in ein Impuls-Zeitdiagramm, welches die gegeneinander zeitversetzten Stromimpulse durch die Wortleitung und die Bitleitung jeweils beim Schreiben einer logischen "1" und einer logischen "0" veranschaulicht.

25 Die nachstehende Beschreibung setzt beispielhaft eine gemäß Fig. 1 aufgebaute MRAM-Speicheranordnung voraus. Es muß jedoch bemerkt werden, dass das erfindungsgemäße Verfahren auch bei anders aufgebauten MRAMs anwendbar ist, bei denen die magnetoresistive Speicherzelle nicht unmittelbar am Kreuzungspunkt der Bitleitung mit der Wortleitung angeordnet
30 ist und bei denen zusätzlich ein Auswahltransistor oder eine Auswahldiode durch eine entsprechende Auswahlleitung angesteuert werden.

35 Bei dem in Fig. 3 grafisch und in Fig. 4 durch ein Impuls-Zeitdiagramm veranschaulichten erfindungsgemäßen Schreibver-

- fahren zum Beschreiben magnetoresistiver Speicherzellen eines MRAM-Speichers werden die Feldkomponenten H_x und H_y bzw. die Zeiten des Aufschaltens der Wortleitungs- und Bitleitungsströme I_{WL} und I_{BL} exakt so kontrolliert, dass das im be-
- 5 kannten Half-Select-Verfahren stattfindende "Schalten" der Magnetisierung in einen Rotationsprozess der Magnetisierung überführt wird, der wesentlich zuverlässiger und langlebiger arbeitet.
- 10 In den grafischen Darstellungen der Fig. 3a bis Fig. 3h, die die zeitliche Abfolge der Rotation der Magnetisierung beim Schreiben einer logischen "1" veranschaulichen, ist zur Vereinfachung die Asteroide weggelassen und nur die leichte Achse durch eine gestrichelte Gerade angedeutet. Wie in Fig.
- 5 2 ist die Magnetisierung der Speicherzelle MTJ durch einen stark schwarz gezeichneten Pfeil und das sich aus den Magnetfeldkomponenten H_y und H_x zusammensetzende durch den Wortleitungsstrom I_{WL} und den Bitleitungsstrom I_{BL} induzierte Magnetfeld durch einen doppelt gestrichelten Pfeil dargestellt. Fig. 3a veranschaulicht die Ausgangssituation, die
- 20 der in Fig. 2a dargestellten Ausgangssituation entspricht. In den Fig. 3b und 3c liegt zunächst, induziert durch die Ströme I_{WL} und I_{BL} , ein Magnetfeld H_y nur in y-Richtung an, welches die Magnetisierung der MRAM-Speicherzelle MTJ zunächst um einen Winkel zwischen 0° und 90° dreht (Fig. 3c).
- 25 Dann wird, wenn beide Ströme I_{WL} und I_{BL} fließen, das Magnetfeld mit etwa gleich großen Komponenten H_x und H_y in x- und y-Richtung erzeugt, wodurch sich die Magnetisierungsrichtung (starker Pfeil) weiter dreht und einen Winkel im Bereich
- 30 zwischen 90° und 180° annimmt (Fig. 3e). Endlich wird durch ein Magnetfeld, das eine lediglich in x-Richtung weisende Komponente H_x hat, die Magnetisierungsrichtung gemäß den Fig. 3f und 3g weiter gedreht, bis sie schließlich in x-Richtung (180°) gedreht ist. Fig. 3h zeigt den stromlosen Endzustand,
- 35 der den Informationsgehalt gemäß einer logischen "1" der MRAM-Speicherzelle MTJ angibt.

Das Zeitdiagramm in Fig. 4 zeigt in seiner linken Hälfte die Zeitfolge a - h des Wortleitungsstroms I_{WL} und des Bitleitungsstroms I_{BL} zum Schreiben einer logischen 1, und die Zeitpunkte a - h entsprechen der in Fig. 3a - h gezeigten Folge der dadurch sich drehenden Magnetisierung, wie sie oben beschrieben wurde.

Die rechte Hälfte der Fig. 4 zeigt in gleicher Weise Schritte a' - h' der zeitlichen Abfolge der Ströme I_{WL} und I_{BL} zum Schreiben einer logischen "0" in eine MRAM-Speicherzelle MTJ. Es ist ersichtlich, dass zwischen den Zeitpunkten i' und h' der Bitleitungsstrom I_{BL} in umgekehrter Richtung durch die Bitleitung BL fließt.

Zur Durchführung der erfindungsgemäß vorgeschlagenen schrittweisen Rotation der Magnetisierung ist es somit unbedingt nötig, dass der Strom I_{WL} durch die Wortleitung WL und der Strom I_{BL} durch die Bitleitung BL zeitlich gegeneinander definiert versetzt sind. Wenn zum Beispiel der Wortleitungsstrom und der Bitleitungsstrom gleiche Einschaltdauer haben, so kann der Bitleitungsstrom I_{BL} z.B. etwa um die halbe Einschaltdauer gegenüber dem Wortleitungsstrom I_{WL} verzögert angelegt werden, wobei die Stromflussrichtung des Bitleitungsstroms I_{BL} beim Schreiben einer logischen "0" umgekehrt ist gegenüber der Stromflussrichtung von I_{BL} beim Schreiben einer logischen "1".

Die erfindungsgemäße und oben anhand der Figuren beschriebene kontrollierte Rotation der Magnetisierung der MRAM-Speicherzelle MTJ vermeidet das beim bekannten Half-Select-Verfahren auftretende Alterungsphänomen, verlängert dadurch die Lebensdauer der MRAM-Zellen und schaltet zuverlässiger im Vergleich mit dem herkömmlichen Verfahren.

Mit Kenntnis des oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens kann ein Fachmann ohne weiteres eine Schreibsteuer-
schaltung für einen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren be-
schreibbaren MRAM-Speicher, das heißt Schaltungsmittel ange-
5 ben, die die Schreibströme I_{WL} und I_{BL} durch die Wortleitung
WL und die Bitleitung BL zeitlich gegeneinander versetzt
aufschalten, so wie es beispielhaft in Fig. 4 dargestellt
ist, so dass die Magnetisierungsrichtung der selektierten
Speicherzelle in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten in
10 die jeweils zum Schreiben einer logischen "0" oder "1" ge-
wünschte Richtung gedreht wird.

Das Zeitdiagramm in Fig. 4 zeigt in seiner linken Hälfte die Zeitfolge a - h des Wortleitungsstroms I_{WL} und des Bitleitungsstroms I_{BL} zum Schreiben einer logischen 1, und die
5 Zeitpunkte a - h entsprechen der in Fig. 3a - h gezeigten Folge der dadurch sich drehenden Magnetisierung, wie sie oben beschrieben wurde.

Die rechte Hälfte der Fig. 4 zeigt in gleicher Weise Schritte
10 te a' - h' der zeitlichen Abfolge der Ströme I_{WL} und I_{BL} zum Schreiben einer logischen "0" in eine MRAM-Speicherzelle MTJ. Es ist ersichtlich, dass zwischen den Zeitpunkten i' und h' der Bitleitungsstrom I_{BL} in umgekehrter Richtung durch die Bitleitung BL fließt.

15 Zur Durchführung der erfindungsgemäß vorgeschlagenen schrittweisen Rotation der Magnetisierung ist es somit unbedingt nötig, dass der Strom I_{WL} durch die Wortleitung WL und der Strom I_{BL} durch die Bitleitung BL zeitlich gegeneinander
20 definiert versetzt sind. Wenn zum Beispiel der Wortleitungsstrom und der Bitleitungsstrom gleiche Einschaltdauer haben, so kann der Bitleitungsstrom I_{BL} z.B. etwa um die halbe Einschaltdauer gegenüber dem Wortleitungsstrom I_{WL} verzögert angelegt werden, wobei die Stromflussrichtung des Bitleitungs-
25 stroms I_{BL} beim Schreiben einer logischen "0" umgekehrt ist gegenüber der Stromflussrichtung von I_{BL} beim Schreiben einer logischen "1".

Die erfindungsgemäße und oben anhand der Figuren beschriebene
30 kontrollierte Rotation der Magnetisierung der MRAM-Speicherzelle MTJ vermeidet das beim bekannten Half-Select-Verfahren auftretende Alterungsphänomen, verlängert dadurch die Lebensdauer der MRAM-Zellen und schaltet zuverlässiger
im Vergleich mit dem herkömmlichen Verfahren.

35

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beschreiben magnetoresistiver Speicherzellen eines MRAM-Speichers, bei dem Schreibströme (I_{WL} , I_{BL}) jeweils einer Wortleitung (WL) und einer Bitleitung (BL) so aufgeschaltet werden, dass eine Überlagerung der durch die Schreibströme erzeugten Magnetfelder ($H_x(I_{BL})$, $H_y(I_{WL})$) in jeder durch die entsprechende Wort- und Bitleitung (WL, BL) selektierten Speicherzelle (MTJ) zur Änderung ihrer Magnetisierungsrichtung führt,
10 dadurch gekennzeichnet,
dass die Schreibströme (I_{WL} , I_{BL}) zeitlich gegeneinander versetzt der jeweiligen Wortleitung (WL) und Bitleitung (BL) so aufgeschaltet werden, dass die Magnetisierungsrichtung der
15 selektierten Speicherzelle (MTJ) in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten in die zum Schreiben einer logischen "0" oder "1" gewünschte Richtung gedreht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass die Schreibströme (I_{WL} , I_{BL}) für die gewählte Speicherzelle (MTJ) jeweils in annähernd gleicher Dauer und gegeneinander zeitlich versetzt aufgeschaltet werden.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Schreiben einer logischen "1" in die gewählte Speicherzelle (MTJ) der Schreibstrom (I_{BL}) in der Bitleitung (BL) in der gleichen Stromflussrichtung wie der Schreibstrom (I_{WL})
30 der Wortleitung (WL) fließt und gegenüber dem Schreibstrom (I_{WL}) der Wortleitung (WL) verzögert aufgeschaltet wird.
4. MRAM-Speicheranordnung mit einem Array aus magnetoresistiven Speicherzellen (MTJ) und mit Wortleitungen (WL) und
35 Bitleitungen (BL), wobei eine Schreibsteuerschaltung zum Aufschalten von Schreibströmen (I_{WL} und I_{BL}) jeweils auf die

Zusammenfassung

Verfahren zum Beschreiben magnetoresistiver Speicherzellen
und mit diesem Verfahren beschreibbarer magnetoresistiver
5 Speicher

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschreiben magnetoresistiver Speicherzellen eines MRAM-Speichers, bei dem Schreibströme (I_{WL} , I_{BL}) jeweils einer Wortleitung (WL) und einer Bitleitung (BL) aufgeschaltet werden, wobei eine Überlagerung der durch die Schreibströme erzeugten Magnetfelder in jeder durch die entsprechende Wort- und Bitleitung selektierten Speicherzelle zur Änderung ihrer Magnetisierungsrichtung führt. Bei dem Verfahren werden die Schreibströme
10 (I_{WL} , I_{BL}) zeitlich gegeneinander versetzt der jeweiligen Wortleitung (WL) und Bitleitung (BL) so aufgeschaltet, dass die Magnetisierungsrichtung der selektierten Speicherzelle in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten (a - h) in die zum Schreiben einer logischen "0" oder "1" gewünschte Richtung gedreht wird.
20

(Fig. 4)

Bezugszeichenliste

BL	Bitleitung
WL	Wortleitung
ML-free	freie Magnetlage (weichmagnetische Schicht)
ML-fixed	feste Magnetlage (hartmagnetische Schicht)
TL	Tunnellage (Tunneloxid)
MTJ	Magnetic Tunnel Junction (magnetoresistive Speicherzelle)
I_{BL}	Strom durch die Bitleitung BL
I_{WL}	Strom durch die Wortleitung WL
H_x	Magnetfeldkomponente in x-Richtung
H_y	Magnetfeldkomponente in y-Richtung
a - h	aufeinander Schritte beim Drehen der Magnetisierungsrichtung
a' - h'	aufeinander Schritte beim Drehen der Magnetisierungsrichtung

Fig. 1

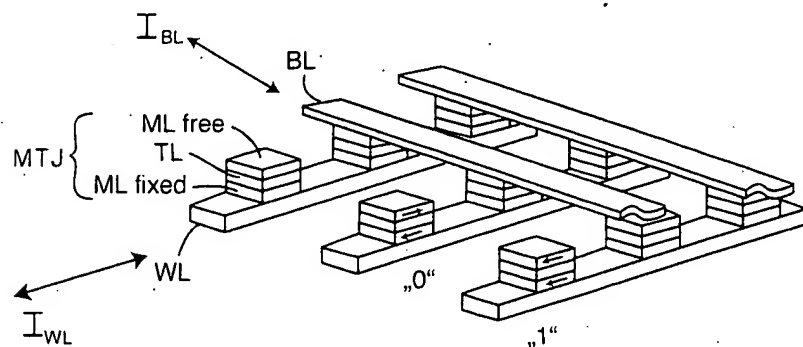


Fig. 2a

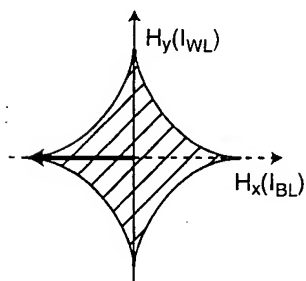


Fig. 2b

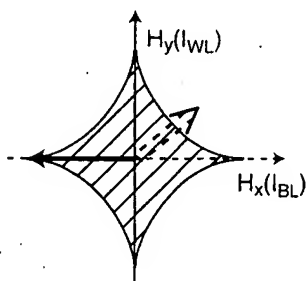


Fig. 2c

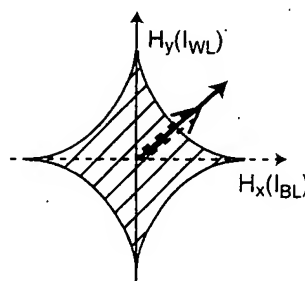


Fig. 2d

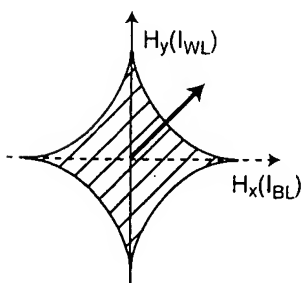


Fig. 2e

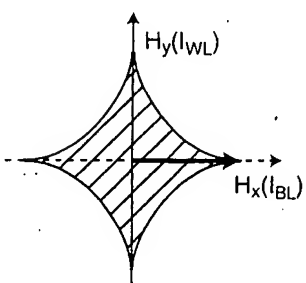


Fig. 3a

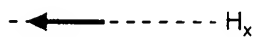


Fig. 3b

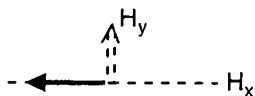


Fig. 3c

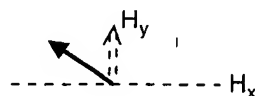


Fig. 3d



Fig. 3e

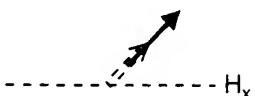


Fig. 3f



Fig. 3g

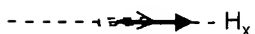
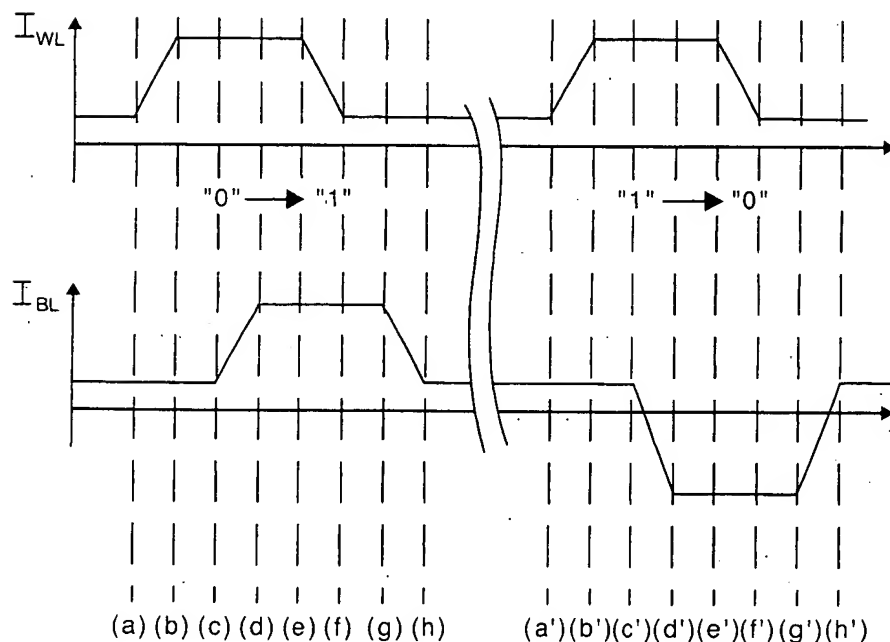


Fig. 3h



Fig. 4



Figur für die Zusammenfassung

Fig. 4

